

## Исследование пьезогенераторов 1-3 связности с активными элементами из пористой пьезокерамики в конечно-элементном пакете ANSYS

А.В. Наседкин, А.С. Турлюн

*Южный федеральный университет, 344006, Ростов-на-Дону, Россия*

*e-mail: nasedkin@math.sfedu.ru*

Для решения задач энергосбережения активно используются альтернативные источники энергии и соответствующие устройства. За последние годы было проведено большое число исследований пьезоэлектрических генераторов «зеленой энергии», генерирующих электрические заряды при переменном механическом воздействии. Были разработаны различные конструкции пьезогенераторов, изучена их работоспособность в зависимости от различных входных параметров, в том числе было проведено сравнение эффективности использования различных видов пьезокерамических материалов.

В настоящей работе изучается возможность применения для генерации «зеленой энергии» пьезокомпозитов с активными элементами, выполненными из пористой пьезокерамики. Как известно, пористая пьезокерамика характеризуется пьезочувствительностью, которая быстро возрастает с повышением ее пористости, рядом высоких коэффициентов качества, а также имеет большую пьезочувствительность в широком диапазоне частот. Поэтому она является перспективной для преобразования низкочастотной вибрации в электрическую энергию и чувствительна при механических воздействиях, например, при нагружении от движения пешеходов или транспортных средств. Здесь в продолжении [1] представлены результаты компьютерного моделирования пьезопреобразователей на основе пористой керамики с использованием возможностей конечно-элементного пакета ANSYS и его командного языка APDL.

В качестве примера рассматривался 1-3 пьезокомпозит, имеющий эпоксидную матрицу с расположенными в ней пьезоэлектрическими стержнями из пористой пьезокерамики PZT-5H, поляризованными по толщине. Считалось, что торцевые поверхности стержней электродированы, а стержни имеют одинаковые круглые сечения и расположены периодически на одинаковых расстояниях друг от друга по двум перпендикулярным горизонтальным направлениям. Для решетки с большим числом стержней можно рассматривать только ячейку периодичности, составленную из четвертой части стержня и полимерной матрицы с половинным расстоянием между стержнями. Исследование выполнялось в два этапа. На первом этапе рассчитывались эффективные модули пористой пьезокерамики по методологии [2]. На втором этапе проводился анализ ячейки периодичности, в которой пьезокерамика рассматривалась как сплошной материал с эффективными модулями. Исследовались зависимости наведенной разности потенциалов и максимальных напряжений на торцах при статическом нагружении в широком диапазоне пористости. Далее для ряда значений пористости решались задачи об установившихся колебаниях. Из модального анализа находились первые частоты электрических резонансов и антирезонансов, а затем строились амплитудно-частотные характеристики в диапазонах, включающих первые резонансные частоты.

Результаты расчетов показали, что рассматриваемые пьезогенераторы демонстрируют высокие значения наведенного потенциала для пьезокерамики с 40-80 процентами пористости и широкополосность. Таким образом, эти типы генераторов являются эффективными источниками возобновляемой энергии при статических и динамических режимах работы.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

1. A.V. Nasedkin, P.A. Oganessian, A.N. Soloviev, *ZAMM* **101**(3), e202000129 (2021).
2. A. Nasedkin, et al, *Proc. 2005 IEEE Ultrason. Symp., Rotterdam, Sept. 18 -21*, 1648 (2005).